



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2019

---

## **Pulsoximetrie Screening zur Erfassung von kritischen angeborenen Herzfehlern**

Balmer, Christian ; Beauport, Lydie ; Niese, Oliver ; Arlettaz, Romaine

**Abstract:** Vor 14 Jahren wurde in der Schweiz das Pulsoximetrie Screening (POx Screening) für Neugeborene flächendeckend eingeführt ; es gehört heute zu unserer täglichen Routine. Was haben wir in der Zwischenzeit weltweit hinzugelernt? Ist unsere Methode immer noch korrekt? Anhand der aktuellen Literatur möchten wir diese Fragen beantworten und gleichzeitig die korrekte Anwendung des POx Screenings in Erinnerung rufen.

**Other titles:** Revidierte Empfehlungen einer Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaften für Pädiatrische Kardiologie und Neonatologie

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-181706>

Scientific Publication in Electronic Form

Published Version

Originally published at:

Balmer, Christian; Beauport, Lydie; Niese, Oliver; Arlettaz, Romaine (2019). Pulsoximetrie Screening zur Erfassung von kritischen angeborenen Herzfehlern. : Schweizerische Gesellschaft für Pädiatrie.

## Weitere Fachbeiträge

# PULSOXIMETRIE SCREENING ZUR ERFASSUNG VON KRITISCHEN ANGEBORENEN HERZFEHLERN

Online publiziert am:

 10. April 2019

*Christian Balmer*

*Leitender Arzt Kardiologie Universitäts-Kinderspital Zürich – Eleonorenstiftung*

## **Revidierte Empfehlungen einer Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaften für Pädiatrische Kardiologie und Neonatologie**

Christian Balmer <sup>1,4</sup>, Lydie Beauport <sup>2,5</sup>, Oliver Niesse <sup>1,4,5</sup>, Romaine Arlettaz <sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Kardiologie, Universitäts-Kinderkliniken, Zürich

<sup>2</sup> Néonatalogie, Département Femme Mère Enfant, Centre Hospitalier  
Universitaire Vaudois CHUV, Lausanne

<sup>3</sup> Klinik für Neonatologie, Universitätsspital Zürich, USZ, Zürich

<sup>4</sup> Schweizerische Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie

<sup>5</sup> Schweizerische Gesellschaft für Neonatologie

Vor 14 Jahren wurde in der Schweiz das Pulsoximetrie Screening (POx Screening) für Neugeborene flächendeckend eingeführt <sup>1)</sup>; es gehört heute zu unserer täglichen Routine. Was haben wir in der Zwischenzeit weltweit hinzugelernt? Ist unsere Methode immer noch korrekt? Anhand der aktuellen Literatur möchten wir diese Fragen beantworten und gleichzeitig die korrekte Anwendung des POx Screenings in Erinnerung rufen.

## **Warum ein Screening für angeborene Herzfehler?**

Das Ziel des Screenings ist die Erfassung von Neugeborenen mit akut lebensbedrohlichen Herzfehlern. Diese Kinder entwickeln sich zwar während der Schwangerschaft normal, verschlechtern sich aber postnatal plötzlich wegen der physiologischen Kreislaufumstellung und dem Verschluss des Ductus arteriosus. Da diese Herzfehler ohne invasive Intervention innerhalb der ersten 4 Lebenswochen in vielen Fällen nicht mit dem Leben vereinbar sind, werden sie als

kritische angeborene Herzfehler bezeichnet. Sie beinhalten vorwiegend die in *Tabelle 1* aufgeführten anatomischen Diagnosen <sup>2) 3)</sup>.

#### **Tabelle 1: Kritische angeborene Herzfehler**

Hypoplastisches Linksherzsyndrom  
Pulmonalatresie mit intaktem Ventrikelseptum  
D – Transposition der grossen Arterien  
Unterbrochener Aortenbogen  
Aortenisthmusstenose  
Aortenklappenstenose  
Pulmonalklappenstenose  
Fallot Tetralogie  
Pulmonalatresie mit Ventrikelseptumdefekt  
Total falsch mündende Lungenvenen

Die Inzidenz von angeborenen Herzfehlern beträgt ca. 8 / 1000 Lebendgeburten, ca. 2 davon sind kritische angeborene Herzfehler <sup>4-6)</sup>. Dies bedeutet für die Schweiz pro Jahr eine Anzahl von rund 150 Neugeborenen mit kritischen angeborenen Herzfehlern. Unbehandelt ist die Prognose dieser Neugeborenen schlecht. Die Früherkennung verbessert das Outcome, indem sie eine Stabilisierung mittels Prostaglandininfusion sowie eine rasche Verlegung in ein Zentrum zur chirurgischen oder katheterinterventionellen Behandlung ermöglicht <sup>7-9)</sup>. Die meisten Neugeborenen mit kritischen angeborenen Herzfehlern sind bei Geburt asymptomatisch <sup>5)</sup>. Der pränatale Ultraschall und die sorgfältige klinische Untersuchung des Neugeborenen nach der Geburt sind die wichtigsten Massnahmen, um angeborene Herzfehler zu erkennen. Trotz dieser Diagnostik bleiben jedoch bis zu 30% aller Neugeborenen mit kritischen angeborenen Herzfehlern unerkannt und werden als vermeintlich gesund nach Hause entlassen <sup>5) 10) 11)</sup>. Diese diagnostische Lücke kann das POx Screening schliessen.

#### **Akzeptanz und Effizienz des POx Screenings**

In den letzten Jahren hat sich die Pulsoximetrie als zuverlässige Screeningmethode für die Früherkennung von kritischen angeborenen Herzfehlern etabliert. In der Schweiz wurde das «POx Screening» 2005 als offizielle Empfehlung der Schweizerischen Gesellschaft für Neonatologie (SGN) und der Schweizerischen Gesellschaft für pädiatrische Kardiologie (SGPK) eingeführt <sup>1)</sup>. Eine schweizweite Umfrage drei Jahre nach Einführung des

Screenings zeigte, dass 85% aller in der Schweiz geborenen Kinder das Screening erhalten hatten und dass die Akzeptanz sowohl bei den Eltern als auch beim medizinischen und pflegerischen Personal hoch war<sup>12)</sup>, was auch in anderen Populationen bestätigt wurde<sup>13) 14) 15)</sup>. Heute gehört das POx Screening in vielen Ländern Europas sowie in China und Nordamerika zur Standarduntersuchung bei allen Neugeborenen<sup>4) 8) 14) 16-21)</sup>.

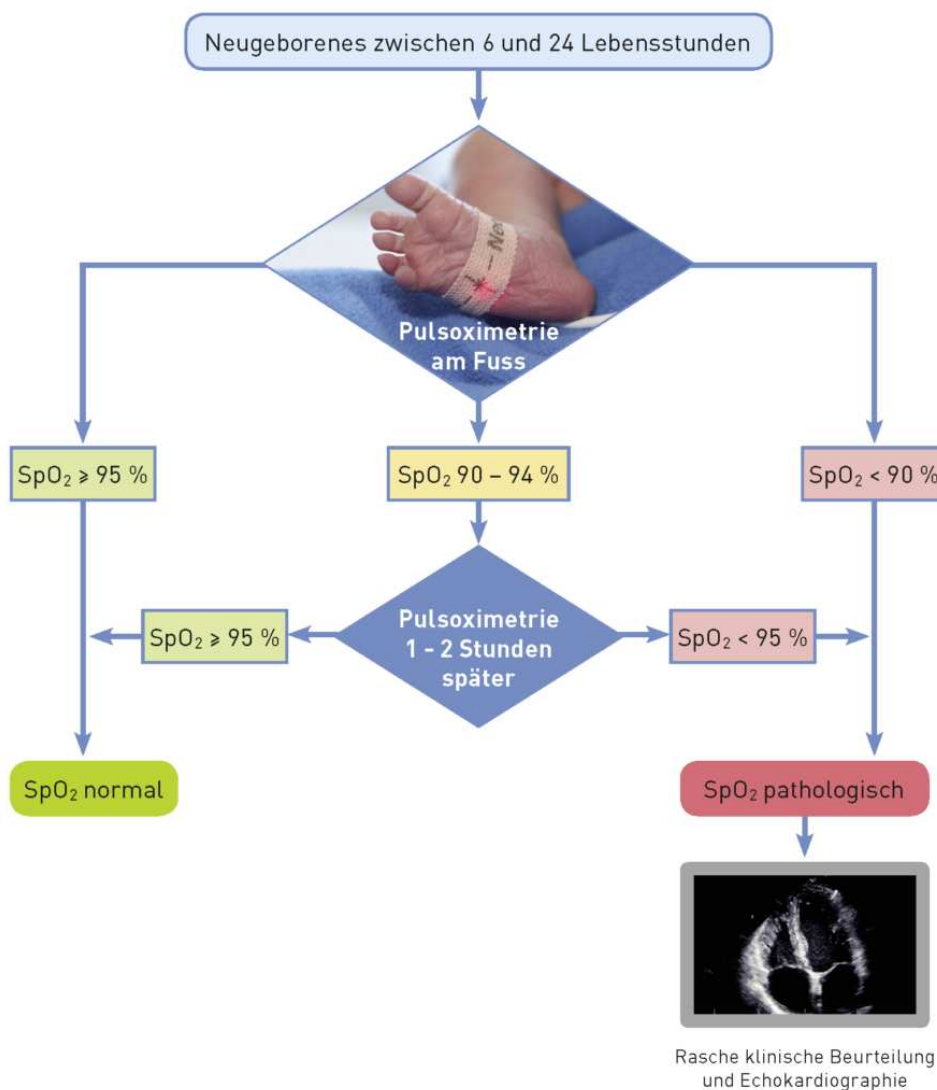
Dass das POx Screening einfach, nicht invasiv, effizient und kostengünstig ist, konnte mehrfach und auch in grossen Metaanalysen gezeigt werden<sup>2) 8) 22-27)</sup>. Die kürzlich erschienene Cochrane Review, welche 21 Studien mit insgesamt fast 500'000 Neugeborenen einschliesst, berechnet für das POx Screening eine Sensitivität von 76.3% bei einer Spezifität von 99.9%. Die Häufigkeit falsch positiver Resultate ist mit 0.14% sehr niedrig. Diese „falsch positiven“ Neugeborenen haben zwar keinen angeborenen Herzfehler, jedoch werden häufig andere Pathologien wie Atemnotsyndrom, pulmonale Hypertension oder Sepsis entdeckt<sup>8)</sup>, welche eben auch mit einer niedrigen transkutanen Sauerstoffsättigung einhergehen. Auch wenn diese Screening – Ergebnisse bezüglich der Entdeckung von kritischen angeborenen Herzfehlern als falsch positiv gelten, tragen sie dennoch zum frühzeitigen Erkennen dieser potentiell lebensbedrohlichen und behandelbaren Erkrankungen des Neugeborenen bei. Aufgrund der einfachen Screening Methode und der Mannigfaltigkeit der verschiedenen Herzfehler ist es leider nicht möglich, alle kritischen angeborenen Herzfehler mit dem POx Screening zu diagnostizieren. Das POx Screening kann die sorgfältige klinische Untersuchung nicht ersetzen. Zusammen mit der klinischen Untersuchung kann jedoch eine sehr hohe Sensitivität für die Diagnose von kritischen angeborenen Herzfehlern von 82,8 bis 100% erreicht werden<sup>28-33)</sup>.

### **Wie wird das POx Screening praktisch durchgeführt?**

Das POx Screening wird in der Schweiz in den ersten 24 Lebensstunden durchgeführt. Da kurz nach der Geburt die Kreislaufumstellung häufig noch nicht abgeschlossen ist, erfolgt das Screening idealerweise nicht innerhalb der ersten 6 Stunden. Die Messung der transkutanen Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>) wird postduktal durchgeführt, das heisst an einem Fuss. Es spielt keine Rolle ob hierfür der rechte oder der linke Fuss verwendet wird. Die Messung soll bei ruhigem oder schlafendem Kind erfolgen. Es wird gewartet bis eine gute – mit der Herzfrequenz synchrone – Pulswelle (oder Balken) beobachtet wird und der höchste Wert wird dokumentiert. Der Grenzwert liegt bei 95%. Wenn der höchste Wert  $\geq 95\%$  beträgt, ist das POx Screening bestanden und es sind keine weiteren Massnahmen notwendig. Bei Werten unter 95% ist das POx Screening nicht bestanden. Das weitere Vorgehen bei diesen Patienten ist in *Abbildung 1*

dargestellt.

In einigen anderen Ländern wie Schweden<sup>32)</sup> und Grossbritannien<sup>26)</sup> wird für das POx Screening neben der postduktalen auch die präduktaile Sättigung gemessen. Liegt die Differenz zwischen diesen beiden Werten bei über 2 bzw. über 3% gilt das Screening ebenfalls als nicht bestanden. Mit dieser Methode können einzelne zusätzliche Fälle von kritischen angeborenen Herzfehlern erkannt werden, welche mit der postduktalen Messung alleine verpasst worden wären<sup>26) 32–36)</sup>. Statistisch kann jedoch bei Berücksichtigung der meisten relevanten bisherigen Publikationen, insbesondere der Cochrane Review von 2018, kein Unterschied bezüglich Sensitivität und Spezifität zwischen diesen beiden Methoden festgestellt werden<sup>8)</sup>. Daher empfehlen wir für die Schweiz weiterhin die einfache und gut etablierte Methode der alleinigen postduktalen Messung. Gleichzeitig verlassen wir uns auf das im internationalen Vergleich sehr gute Netz für die klinische Untersuchung des Neugeborenen in den ersten Lebenstagen. Allerdings kann in einzelnen grenzwertigen Fällen eine gleichzeitige präduktaile Messung sinnvoll sein.



*Abbildung 1: Ablauf des Pulsoximetrie Screenings bei Neugeborenen.*

Anmerkung: Dieses Screening ist KEIN Ersatz, sondern eine Ergänzung zur klinischen Routine-Untersuchung des Neugeborenen.

Grafik: Susanne Staubli

## **Praktische Hinweise für die klinische Untersuchung von Neugeborenen**

Die kardiale Untersuchung beinhaltet neben den Vitalparametern die Inspektion, Palpation, und Auskultation.

### **Inspektion**

Dysmorphiezeichen geben Hinweise auf Syndrome mit Herzbeteiligung. So ist z.B. das Down Syndrom in 40-50% mit einem Herzfehler assoziiert. Bei der Inspektion muss eine zentrale Zyanose gesucht werden. Die Tatsache, dass eine Zyanose klinisch häufig schwierig zu erkennen ist, verstärkt die Rolle der Pulsoximetrie. Tachydyspnoe, Schwitzen beim Trinken oder ganz allgemein ein schlechtes Trinkverhalten sind Symptome der Herzinsuffizienz, welche ebenfalls bei der Inspektion beobachtet werden können.

## **Palpation**

Die vollständige kardiale Untersuchung des Neugeborenen beinhaltet die Bestimmung der Rekapillarisationszeit sowie die Palpation des Präkordiums, der peripheren Pulse und des Abdomens. Die *Rekapillarisationszeit* wird bei Neugeborenen am besten prästernal beurteilt. Im Normalfall liegt sie unter 3 Sekunden. Die *Palpation des Präkordiums* ist zwingend bei jedem Neugeborenen durchzuführen. Ein hyperdynamisches Präkordium ist ein wichtiger Hinweis auf einen angeborenen Herzfehler<sup>37)</sup>. Die *Palpation der peripheren Pulse* ist bei Neugeborenen schwierig und bei einem unruhigen Kind fast unmöglich. Schwache oder nicht palpable Femoralispulse bei guten Brachialispulsen sind verdächtig für eine Aortenisthmusstenose oder einen unterbrochenen Aortenbogen. Zur Objektivierung kann eine Blutdruckmessung an allen 4 Extremitäten durchgeführt werden. Ein Blutdruckunterschied von mehr als 15-20 mmHg zwischen oberen und unteren Extremitäten ist verdächtig für eine Stenose im Bereich des Aortenbogens oder des Aortenisthmus. Durch die Erhöhung des systemvenösen Druckes kommt es bei der Herzinsuffizienz zu einer Hepatomegalie. Bei der *Palpation des Abdomens* spürt man den Leberrand mehr als 3 cm unter dem Rippenbogen hervorragen.

## **Auskultation**

Bei der Auskultation müssen systematisch und sequentiell die Herzfrequenz, der Rhythmus, die Herztöne sowie Systole und Diastole beurteilt werden. Der zweite Herzton muss speziell beachtet werden. Er entspricht dem Schluss der Aorten – und der Pulmonalklappe, weist bei gesunden Neugeborenen eine atemvariable Spaltung auf und ist gut hörbar am linken oberen Sternalrand. Ein lauter und einheitlicher zweiter Herzton ist pathologisch. Insgesamt gehen angeborene Herzfehler häufig mit einem pathologischen zweiten Herzton einher<sup>38)</sup>. Das Vorliegen eines Herzgeräusches ist dagegen selten pathognomonisch, weil bei mehr als 50% aller gesunden Neugeborenen irgendwann in den ersten Lebenstagen und -wochen ein Herzgeräusch auskultierbar ist<sup>39)</sup>, welches häufig durch die transitionelle Zirkulation verursacht wird<sup>40)</sup>. Gleichzeitig kann bei der Hälfte der Neugeborenen mit kritischen angeborenen Herzfehlern in der ersten Lebenswoche kein Herzgeräusch festgestellt werden<sup>41)</sup>. Diastolische Geräusche kommen selten vor und sind immer verdächtig für eine kardiovaskuläre Pathologie.

## **Das POx Screening ausserhalb von Gebärkliniken**

## **Hausgeburten, Geburtshäuser und ambulante Geburten**

Neugeborene, welche zu Hause, in einem Geburtshaus oder ambulant geboren wurden, sollen ebenfalls von den Vorteilen des POx Screenings profitieren können. Länder, die einen hohen Anteil an Hausgeburten haben, zeigen, dass das POx Screening auch in diesem Umfeld einfach zu implementieren ist und dass die Akzeptanz bei den Hebammen und den Eltern gut ist <sup>42-44</sup>). Auch in der Schweiz gehört das Pulsoximeter zur Ausstattung jeder Hebamme, welche Hausgeburten oder ambulante Geburten betreut <sup>45</sup>). Der Zeitpunkt des Screenings liegt zwischen 6 und 24 Lebensstunden und erfolgt spätestens am zweiten Lebenstag. Bei ambulanten Geburten soll das POx Screening vor Austritt erfolgen.

## **Neugeborene auf der neonatalen Intensivstation**

Auch bei Patienten, welche von einer neonatalen Intensivstation (NICU) nach Hause entlassen werden, kann die Diagnose von kritischen angeborenen Herzfehlern theoretisch verpasst werden. In der aktuellen Literatur fehlt bisher die Evidenz, dass diese Patienten wirklich vom systematischen POx Screening profitieren <sup>46</sup>). Es konnte jedoch gezeigt werden, dass das POx Screening auch im Setting der neonatalen Intensivstation möglich ist und vom Pflegepersonal gut akzeptiert wird <sup>47-49</sup>). Wir empfehlen daher das POx Screening 24 – 48 Stunden vor Entlassung aus der Neonatologie – Abteilung bzw. 24 Stunden nach Absetzen der Sauerstoffs substitution bei allen Patienten, die keine Echokardiographie hatten <sup>46) 48) 49</sup>).

## **Zusammenfassung**

Die aktuelle Evidenzlage und die Ergebnisse der Publikationen der letzten Jahre bestätigen das heutige Vorgehen des POx Screenings in der Schweiz. Neben dem pränatalen Ultraschall und der sorgfältigen klinischen Untersuchung bietet das POx Screening eine effiziente und günstige Ergänzung in der Früherkennung von Patienten mit kritischen angeborenen Herzfehlern. Mit einer flächendeckenden Instruktion und Durchführung des POx Screenings auch ausserhalb der Gebärkliniken möchten wir diese Patienten vor einem frühzeitigen Tod und vor neurologischen Komplikationen bewahren.

## **Referenzen**



1. Arlettaz R, Bauersfeld U. Empfehlungen zum neonatalen Screening kongenitaler Herzfehler. *Paediatrica* 2005;16(5):34-7.
2. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, Khan KS, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2012;379:2459-2464.
3. Ewer AK, Furmston AT, Meddleton LJ, Deeks JJ, Daniels JP, Pattison HM, et al. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a test accuracy study with evaluation of acceptability and cost-effectiveness. *Health Technol Assess* 2012;16:1-184.
4. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, Smith FC, Hoke TR, Koppel R, et al. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the AHA and AAP. *Pediatrics* 2009;124:823-836.
5. Wren C, Reinhardt Z, Khawaja K. Twenty-year trends in diagnosis of life-threatening neonatal cardiovascular malformations. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2008 Jan;93:F33-5.
6. Liske MR, Greeley CS, Law DJ, Reich JD, Morrow WR, Baldwin HS et al. Report of the Tennessee Task Force on Screening Newborn Infants for Critical Congenital Heart Disease. *Pediatrics*. 2006;118:e1250-1256.
7. Brown KL1, Ridout DA, Hoskote A, Verhulst L, Ricci M, Bull C. Delayed diagnosis of congenital heart disease worsens preoperative condition and outcome of surgery in neonates. *Heart*. 2006 Sep;92(9):1298-302.
8. Plana MN, Zamora J, Suresh G, Fernandez-Pineda L, Thangaratinam S, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects. *Cochrane Database of systematic reviews* 2018;1:3.
9. Kluckow M. Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: a different perspective. *Int J Neonatal Screen* 2018;4:1-7.
10. Abu-Harb M1, Wyllie J, Hey E, Richmond S, Wren C. Presentation of obstructive left heart malformations in infancy. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 1994 Nov;71(3):F179-83.
11. Mellander M1, Sunnegårdh J. Failure to diagnose critical heart malformations in newborns before discharge—an increasing problem? *Acta Paediatr.* 2006 Apr;95(4):407-13.
12. Külling B, Arlettaz R, Bauersfeld U, Balmer C. Pulse oximetry screening for congenital heart defects in Switzerland: most but not all maternity units screen their neonates. *Swiss Med Wkly* 2009;139:699-704.

13. Narayan IC, Kaptein AA, Hogewoning JA, Blom NA, Te Pas AB. Maternal acceptability of pulse oximetry screening at home after home birth or very early discharge. *Eur J Pediatr* 2017;176:669-672.
14. Wong KK, Fournier A, Fruitman DS, Graves L, Human DG, Narvey M, et al. Canadian Cardiovascular Society/Canadian Pediatric Cardiology Association Position statement on pulse oximetry screening in newborns to enhance detection of critical congenital heart disease. *Can J Cardiol* 2017;33:199-208.
15. Powell R, Pattison HM, Bhoyar A, Furmston AT, Middleton LJ, Daniels JP, et al. Pulse oximetry screening for congenital heart defects in newborn infants: an evaluation of acceptability to mothers. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2013;98:F59-63.
16. Mikrou P, Singh A, Ewer AK. Pulse oximetry screening of critical congenital heart defects: a repeat UK national survey. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2017;102(6):F558.
17. Grosse SD, Riehle-Colarusso T, Gaffney M, Mason CA, Shapira SK, Sontag MK, et al. CDC Grand Rounds: Newborn Screening for Hearing Loss and Critical Congenital Heart Disease. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2017;66(33):888-890.
18. Tobe RG, Martin GR, Li F, Mori R. Should postnatal oximetry screening be implemented nationwide in China? A cost-effectiveness analysis in three regions with different socioeconomic status. *Int J Cardiol* 2016;204:45-7.
19. De-Wahl Granelli A, Meberg A, Ojala T, Steensberg J, Oskarsson G, Mellander M. Nordic pulse oximetry screening – implementation status and proposal for uniform guidelines. *Acta Paediatr* 2014;103:1136-42.
20. Fritz M, Fritsch P, Foramitti M, Simma B. Pulsoximetriescreening bei Neugeborenen auf kritische angeborene Herzfehler. *Monatsschr Kinderheilkd* 2014;162:638–643.
21. Lindinger A, Dähnert I, Riede FT. Stellungnahme zum Pulsoximetrie-Screening zur Erfassung von kritischen angeborenen Herzfehlern im Neugeborenenalter. Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie 2013; [www.kinderkardiologie.org](http://www.kinderkardiologie.org).
22. Abouk R, Grosse SD, Ailes EC, Oster ME. Association of US state implementation of newborn screening policies for critical congenital heart disease with early infant cardiac deaths. *JAMA* 2017;318:2111-2118.

23. Tobe RG, Martin GR, Li F, Moriichi A, Wu B, Mori R. Cost-effectiveness analysis of neonatal screening of critical congenital heart defects in China. *Medicine (Baltimore)* 2017;96:e8683.
24. Reeder MR, Kim J, Nance A, Krikov S, Feldkamp ML, Randall H, et al. Evaluating Cost and Resource Use Associated with Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease: Empiric Estimates and Sources of Variation. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2015;103:962–71.
25. Bhole K, Kluckow M, Evans N. Post-implementation review of pulse oximetry screening of well newborns in an Australian tertiary maternity hospital. *J Paediatr Child Health* 2014;50:920-5.
26. Ewer AK, Middleton LJ, Furmston AT, Bhoyar A, Daniels JP, Thangaratinam S, et al. Pulse oximetry screening for congenital heart defects in newborn infants (PulseOx): a test accuracy study. *Lancet* 2011;378:785-94.
27. Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in newborn infants: should it be routine? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2014;99:F93-95.
28. Hu XJ, Ma XJ, Zhao QM, Yan WL, Ge XL, Jia B, et al. Pulse oximetry and auscultation for congenital heart disease detection. *Pediatrics* 2017;140(4): 2017-1154.
29. Hu XJ, Zhao QM, Ma XJ, Yan WL, Ge XL, Jia B. et al. Pulse oximetry could significantly enhance the early detection of critical congenital heart disease in neonatal intensive care units. *Acta Paediatr* 2016;105:e499-e505.
30. Oakley JL, Soni NB, Wilson D, Sen S. Effectiveness of pulse-oximetry in addition to routine neonatal examination in detection of congenital heart disease in asymptomatic newborns. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2015;28:1736–9.
31. Zuppa AA, Riccardi R, Catenazzi P, D'Andrea V, Cavani M, D'Antuono A, et al. Clinical examination and pulse oximetry as screening for congenital heart disease in low-risk newborn. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2015; 28:7–11.
32. De-Wahl Granelli A, Wennergren M, Sandberg K, Mellander M, Bejllum C, Inganäs L, et al. Impact of pulse oximetry screening on the detection of duct dependent congenital heart disease: a Swedish prospective screening study in 39 821 newborns. *BMJ* 2009;338:a3037.
33. Zhao QM, Ma XJ, Ge XL, Liu F, Yan WL, Wu L et al. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China: a prospective study. *Lancet* 2014; 384:747–54.

34. Ewer AK, Martin GR. Pediatrics. Newborn Pulse Oximetry Screening: Which Algorithm Is Best? 2016 Nov;138(5). pii: e20161206. Epub 2016 Oct 13.
35. Jones AJ, Howarth C, Nicholl R, Mat-Ali E, Knowles R. The impact and efficacy of routine pulse oximetry screening for CHD in a local hospital. *Cardiol Young*. 2016;26:1397-405.
36. Singh A, Rasiah SV, Ewer AK. The impact of routine predischarge pulse oximetry screening in a regional neonatal unit. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2014;99:F297-302.
37. Massin MM, Dessy H, Delayed recognition of congenital heart disease. *Postgrad Med J* 2006; 82:468-470.
38. Frommelt MA. Differential diagnosis and approach to a heart murmur in term infants. *Pediatr Clin North Am* 2004 Aug;51:1023-32.
39. Braudo M, Rowe RD. Auscultation of the heart – early neonatal period. *Amer J Dis Child* 1961;101:67-78.
40. Arlettaz R, Archer N, Wilkinson AR. Natural history of innocent heart murmurs in newborn babies: controlled echocardiographic study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1998;78:F166-70.
41. Chang RK, Gurvitz M, Rodriguez S. Missed diagnosis of critical congenital heart disease. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2008;162:969-74.
42. Cawsey MJ, Noble S, Cross-Sudworth F, Ewer AK. Feasibility of pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in homebirths. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2016;101: F349-51.
43. Miller KK, Vig KS, Goetz EM, Spicer G, Yang AJ, Hokanson JS. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in planned out of hospital births and the incidence of critical congenital heart disease in the plain community. *J Perinatol* 2016;36:1088-1091.
44. Narayan IC, Blom NA, van Geloven N, Blankman EIM, van den Broek AJM, Bruijn M, et al. Accuracy of pulse oximetry screening for critical congenital heart defects after home birth and early postnatal discharge. *J Pediatr* 2018;197:29-35.
45. Berger TM, Bernet V, Schulzke S, Fauchère JC, Fontana M, Hegi L, et al. Die Unterstützung der Adaptation und Reanimation des Neugeborenen. Revidierte Empfehlungen der Schweizerischen Gesellschaft für Neonatologie. *Paediatrica* 2017;28(5):9-22.
46. Suresh GK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in neonatal intensive care unit. *J Perinatol* 2013;33:586-588.

47. Van Naarden Braun K, Grazel R, Koppel R, Lakshminrusimha S, Lohr J, Kumar P, et al. Evaluation of critical congenital heart defects screening using pulse oximetry in the neonatal intensive care unit. *J Perinatol* 2017;37:1117-1123.
48. Manja V, Mathew B, Carrion V, Lakshminrusimha S. Critical congenital heart disease screening by pulse oximetry in a neonatal intensive care unit. *J Perinatol* 2015; 35:67-71.
49. Iyengar H, Kumar P, Kumar P. Pulse oximetry screening to detect critical congenital heart disease in the neonatal intensive care unit. *Pediatr Cardiol* 2014;35:406-10.

**Autor/Autorin**

PD Dr. med. Christian Balmer, *Zürich*

---

**Korrespondenzangaben** [christian.balmer@kispi.uzh.ch](mailto:christian.balmer@kispi.uzh.ch)